



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 37 156 A 1**

⑲ Aktenzeichen: 199 37 156.3  
⑳ Anmeldetag: 6. 8. 1999  
㉑ Offenlegungstag: 8. 2. 2001

⑤ Int. Cl. 7:  
**B 60 R 16/02**  
B 60 T 13/00  
B 60 T 13/74  
B 60 T 8/88

DE 199 37 156 A 1

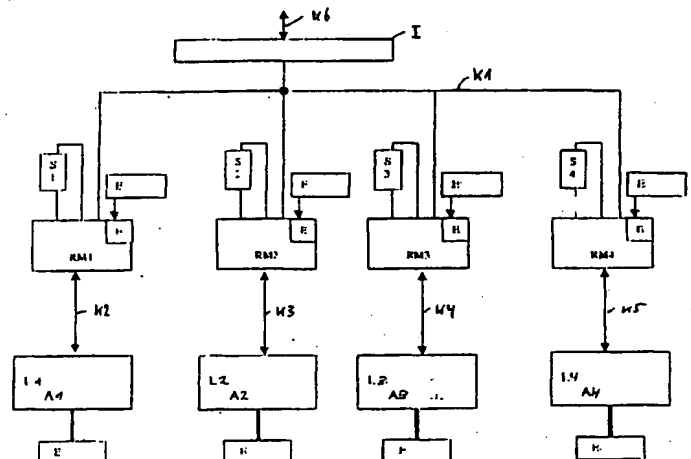
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Heckmann, Hans, 76227 Karlsruhe, DE; Weiberle,  
Reinhard, 71665 Vaihingen, DE; Kesch, Bernd,  
71706 Markgröningen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Elektrisch gesteuertes, dezentrales Steuersystem in einem Fahrzeug

⑤7 Es wird ein elektrisch gesteuertes, dezentrales Steuersystem in einem Fahrzeug mit Steuermodulen vorgeschlagen, denen jeweils ein Stellelement eines Fahrzeugs zur Betätigung zugeordnet ist. Die Betätigung erfolgt abhängig von einem Fahrerwunsch, der auf der Basis von Sensorsignalen in jedem Steuermodul gebildet wird, welche die Betätigung eines Betätigungselements durch den Fahrer repräsentieren. Dabei sind wenigstens drei Sensoren zur Erfassung der Betätigungssignale vorgesehen, wobei jedem Steuermodul direkt ein Betätigungssignal zugeführt wird.



DE 199 37 156 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein elektrisch gesteuertes, dezentrales Steuersystem in einem Fahrzeug, z. B. ein Bremssystem.

Bei derartigen Steuersystemen, die in der Regel nicht mit einem mechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Backup-System ausgestattet sind, ist besonderes Augenmerk auf die Verfügbarkeit auch im Fehlerfall zu legen. Ein Beispiel für ein elektrisch gesteuertes, dezentrales Bremssystem, welches die gestellten Forderungen zufriedenstellend erfüllt, ist aus der DE 196 34 567 A1 (GB-2 316 726 B) bekannt. Dieses bekannte Bremssystem für ein Kraftfahrzeug (Brake-by-wire) ist dezentral aufgebaut und besitzt ein Steuermodul zur Ermittlung des Fahrerbremswunsches und Steuermodule zur Einstellung der Bremskraft an den einzelnen Fahrzeugrädern, wobei in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ein solches Steuermodul eine Gruppe von Radbremsen (achsweise oder diagonal zusammengefaßt) betätigt. Zur Verbindung des den Fahrerwunsch ermittelnden Steuermoduls mit den Steuermodulen zur Bremskräfteeinstellung ist wenigstens ein Kommunikationssystem vorgesehen, auf welchem die Steuermodule untereinander Daten austauschen. Um eine zumindest teilweise Funktionsfähigkeit des Bremssystems im Fehlerfall sicherzustellen, sind weitere, unabhängige Kommunikationsverbindungen zwischen dem Steuermodul zur Fahrerwunscherfassung und den Steuermodulen zur Bremskräfteeinstellung vorgesehen. Dem Steuermodul zur Erfassung des Fahrerwunsches werden die Signale mehrerer (zwei oder drei) Sensoren zugeführt, die die Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer erfassen. Im Steuermodul werden diese Sensorsignalewerte durch wenigstens zwei voneinander unabhängige Rechereinheiten auf Korrektheit überprüft und jeweils ein Fahrerbremswunschwert ermittelt, der dann vom jeweilig anderen Recherelement auf Korrektheit überprüft wird. Der resultierende fehlerfreie Fahrerwunschwert wird dann, ggf. abhängig von weiteren Größen wie Achslast oder von Funktionen wie einer Fahrdynamikregelung achs- oder radindividuell korrigiert, über das Kommunikationssystem den einzelnen Steuermodulen zur Bremskräfteeinstellung übermittelt.

Das bekannte elektrisch gesteuerte dezentrale Steuersystem weist infolge der getrennten Module, die jeweils mit wenigstens zwei Rechereinheiten ausgestattet sind, einen verhältnismäßig hohen Aufwand auf.

Es ist Aufgabe der Erfindung, Maßnahmen anzugeben, mit deren Hilfe bei einem elektrisch gesteuerten dezentralen Steuersystem der Aufwand reduziert werden kann, ohne die Verfügbarkeit und Funktionsfähigkeit des Steuersystems zu gefährden.

Dies wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

Aus der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 198 26 131.4 ist bekannt, Steuermodule als sogenannte fail-operational-Einheiten auszubilden, die bei einem Einzelfehler weiterhin funktionsfähig sind. Solche Steuermodule sind fehlertolerant aufgebaut, z. B. durch eine Realisierung mittels eines redundanten Mikrorechnersystems bestehend aus wenigstens zwei Mikrorechnern und einer Überwachungskomponente. Die Mikrorechner sowie die Überwachungskomponente kommunizieren über den internen Kommunikationskanal, der z. B. durch ein serielles Bussystem oder mit seriellen Schnittstellen realisiert ist. Innerhalb der Mikrorechnersysteme sind zur Durchführung der Steuerungsaufgaben wenigstens zwei unabhängige Programme implementiert, die ihre Ergebnisse gegenseitig

überprüfen. Auf diese Weise bleibt im Einzelfehler das Modul voll funktionsfähig.

## Vorteile der Erfindung

Durch die direkte Zuführung von je einem Betätigungssignal eines Bedienelements, z. B. von einem Bremspedal, an Steuermodule, die wenigstens ein ausgewähltes Stellelement (z. B. eine Radbremse) steuern, wobei wenigstens zwei unterschiedliche Betätigungssignale vorgesehen sind, wird das aufwendige Steuermodul zur Ermittlung des Fahrerwunsches eingespart und der Aufwand für ein elektrisch gesteuertes dezentrales Steuersystem erheblich reduziert.

Der gegenseitige Austausch der Betätigungssignale zwischen den Steuermodulen bzw. der Austausch von Teilergebnissen zwischen diesen Modulen in Bezug auf den Fahrerwunsch über ein diese Einheiten verbindendes Kommunikationssystem gewährleistet die Verfügbarkeit der Fahrerwunscherfassung auch bei Ausfall eines der Sensoren zur Ermittlung eines Betätigungssignals, so daß bezüglich der Verfügbarkeit des Steuersystems keine Einschränkungen gegenüber dem Stand der Technik zu befürchten sind.

Besonders vorteilhaft ist, wenn das die Module verbindende Kommunikationssystem ein zeitgesteuertes Kommunikationssystem, beispielsweise ein sogenannter TTP/C-Bus ist. Dadurch wird eine gleichzeitige Erfassung der Betätigungssignale in den einzelnen Modulen ermöglicht, da eine synchrone Systemzeit zur Verfügung steht.

Besonders vorteilhaft ist, daß in jedem Steuermodul auch bei Ausfall des Kommunikationssystems wenigstens ein Betätigungssignal zur Verfügung steht, aus dem die Betätigung des Bedienelements ableitbar ist. Somit ergibt sich auch bei Ausfall des Kommunikationssystems eine zumindest teilweise Verfügbarkeit des Bremssystems.

Besonders vorteilhaft ist, daß das auf diese Weise gebildete elektrisch gesteuerte Bremssystem in Verbindung mit allen elektrisch gesteuerten Bremsaktuatoren einsetzbar ist, beispielsweise mit elektrohydraulischen Bremsaktuatoren, elektropneumatischen, elektromagnetischen oder elektromotorischen Aktuatoren.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

## Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform näher erläutert. Die einzige Figur zeigt dabei ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines dezentralen Steuersystems am Beispiel eines elektrisch gesteuerten Bremssystems, bei welchem Betätigungssignale einer Bremsbetätigungseinrichtung dezentral eingelesen werden.

## Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Nachfolgend beschrieben wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Systemstruktur für ein Brake-by-wire-System mit elektrisch angesteuerten Aktuatoren. Dabei sind für ein zweiachsiges, vierrädriges Fahrzeug vier Radmodule (RM1 bis RM4) vorgesehen, die jeweils über einen elektrohydraulischen, elektropneumatischen, elektromotorischen oder elektromagnetischen Aktuator eine Radbremse ansteuern. Die Aktuatoren sind in der Figur mit A1 bis A4 bezeichnet, ihnen ist eine Leistungselektronik L1 bis L4 zugeordnet. Zur Fahrerwunscherfassung sind Sensoren S1 bis S4 vorgesehen, welche im Bereich einer Bremsbetätigungseinrichtung, beispielsweise eines Bremspedals, angebracht sind

und welche ggf. auf verschiedene Art und Weise das Betätigungsmaß der Betätigungseinrichtung ermitteln. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel sind vier Sensoren vorgesehen, in anderen vorteilhaften Ausführungsbeispielen sind drei Sensoren vorgesehen, wobei zwei Radmodule mit demselben Betätigungssignal versorgt werden. Dies sind in einem Ausführungsbeispiel die Radmodule, welche die Bremsen der Hinterachse betätigen. Über ein Kommunikationssystem K1, welches die Radmodule miteinander verbindet, tauschen die Radmodule die eingelesenen Betätigungssignale und/oder daraus abgeleitete Fahrerwunschwerte gegenseitig aus. Somit liegen in jedem der Radmodule mindestens drei Betätigungssignale der Betätigungseinrichtung und/oder daraus abgeleitete Fahrerwunschsignale vor, so daß in jedem der Radmodule eine auf wenigstens drei Signalwerte basierte Ermittlung des Fahrerbremswunsches ermöglicht wird. Auf der Basis des gebildeten Fahrerwunsches werden dann die Stellgrößen zur Ansteuerung der Aktuatoren gebildet, welche über die Kommunikationsverbindungen oder Ansteuerleitungen K2 bis K5 an die Leistungseinheiten der Aktuatoren übermittelt werden. Ferner werden die Radmodule RM1 bis RM4 sowie Leistungseinheiten und Aktuatoren L1 bis L4 und A1 bis A4 von wenigstens einem sicheren Energiekreis oder wenigstens zwei unabhängigen Energiekreisen des elektrischen Bordnetzes B versorgt. Über eine Schnittstelle I ist das Kommunikationssystem K1 mit einem weiteren Kommunikationssystem K6 verbunden, über welches Betriebsgrößen anderer Steuersysteme empfangen oder Informationen aus der Bremsanlage an andere Steuersysteme abgegeben werden. Über das Kommunikationssystem K6 werden in einem Ausführungsbeispiel auch Steuereinheiten angebunden, welche übergeordnete, die Bremsen beeinflussende Funktionen wie eine Fahrdynamikregelung, eine Antriebsschlupfregelung, etc. berechnen, mit Informationen versorgt. Von diesen Steuereinheiten werden

Fig. 1 beschreibt also eine dezentrale Sensorauswertung in einem System mit verteilten Steuermodulen in sicherheitskritischen Systemen, beispielsweise bei Brake-by-wire-Systemen oder anderen Systemen mit verteilten Steuereinheiten, wie beispielsweise Lenksystemen, elektrischen Antriebssystemen, etc. Dabei wird der Fahrerwunsch jeweils auf der Basis von mehreren Betätigungssignalen gebildet, die jeweils dezentral von den Steuermodulen eingelesen und durch gegenseitigen Vergleich plausibilisiert werden, um fehlerhafte Signale zu erkennen, auszuschließen und die Steuerung auf der Basis fehlerfreier Signale durchzuführen.

Wie oben dargestellt besteht das beispielhafte Bremssystem aus vier Radmodulen RM1 bis RM4 zur Regelung der Bremskraft an den zugeordneten Radbremsen mittels Aktuatoren A1 bis A4. Der Sollwert für die Größe der einzustellenden Bremskraft wird über Sensoren S1 bis S4 am Fußpedal vorgegeben. Aus Sicherheitsgründen werden mehrere Sensoren angeschlossen, damit bei Ausfall eines Sensors aus den verbleibenden Sensoren weiterhin der Sollwert ermittelt werden kann. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel verwenden die Sensoren unterschiedliche Meßprinzipien, beispielsweise wird der Pedalweg, der Pedalwinkel oder die Fußkraft zwischen Fahrerfuß und Pedal erfaßt. Wichtig ist, daß ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Fahrerbremswunsch und Meßsignal besteht. Aus den Sensorsignalen wird dann ein Sollwert, beispielsweise unter Mittelwertbildung, Minimalwertauswahl, Maximalwertauswahl oder ähnlicher Verknüpfungsoperationen berechnet. Da im fehlerfreien Betrieb alle Sensoren nach der Umsetzung ihrer Signale in ein Bremswunschsignal dasselbe Bremskraftsignal als Bremswunsch des Fahrers liefern (im

Rahmen der Toleranzen), wird aus Abweichungen zwischen den Bremswunschsignalen der fehlerhafte Sensorkanal (Sensor, Leitung, Stecker, Wandler, etc.) ermittelt. Die Ermittlung des fehlerhaften Sensorsignals ist bei wenigstens drei vorhandenen Sensorsignalen mittels einer Zwei- aus Dreiauswahl zu bewerkstelligen, die im Rahmen des eingangs genannten Standes der Technik beschrieben ist.

In dem in Fig. 1 gezeigten dezentralen System mit verteilten Steuermodulen wird jedem Steuermodul ein Betätigungssignal zugeführt. Bei drei Sensoren, was im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Fall ist, werden zwei Radmodulen, beispielsweise denen der Hinterachse, dasselbe Betätigungssignal zugeführt. Jedes Radmodul bildet aus dem ihm zugeführten Betätigungssignal ein Fahrerbremswunschsignal und übermittelt dieses und/oder das Sensorsignal über das Kommunikationssystem K1 an die anderen Radmodule. Die Sensorsignale und/oder Fahrerwunschsignale der anderen Radmodule werden von dem Radmodul über das Kommunikationssystem K1 empfangen, wobei dieselben Signale bei der Verwendung von nur drei Sensoren gekennzeichnet sein können. Auf der Basis der jetzt vorliegenden wenigstens drei unterschiedlichen Betätigungssignalen und/oder vier Fahrerwunschsignale bildet das Radmodul nach Maßgabe der ihm vorgegebenen Verknüpfungsoperation den Gesamtfahrerwunsch, den es zur Einstellung an die Leistungseinheit und den Aktuator, die ihm zugeordnet sind, übermittelt.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Kommunikationssystem K1 um ein serielles Kommunikationssystem. Die Bildung des Fahrerwunsches in jedem Radmodul aus den zugeführten Sensor- und/oder Fahrerwunschsignalen wird durch Prüfung der Werte auf Signalkonsistenz eingeleitet. Durch Vergleiche der Signalwerte wird ein fehlerhafter Sensorkanal ermittelt. In diesem Fall wird das entsprechende Signal von der Fahrerwunschbildung ausgeschlossen. Auf der Basis der verbleibenden Werte bei Ausfall eines Sensorkanals kann, da mindestens drei unterschiedliche Signale vorliegen, somit im Fehlerfall immer noch mindestens zwei, der Fahrerwunsch aus den verbleibenden, fehlerfreien Signalen sicher berechnet werden. Bei Ausfall eines Sensorkanals wird der Fahrer beispielsweise über eine Warmlampe oder eine ähnliche Information über den herrschenden Fehlerzustand informiert. Der Bremsvorgang läuft weiterhin wie im Normalbetrieb.

Auch bei Ausfall des Kommunikationssystems K1 stehen jedem Steuermodul immer noch ein Sensorsignal zu einem Notbetrieb zur Verfügung.

#### Patentansprüche

1. Elektrisch gesteuertes, dezentrales Steuersystem in einem Fahrzeug, mit dezentral angeordneten Steuermodulen (RM1 bis RM4), die jeweils über einen elektrisch angesteuerten Aktuator (A1 bis A4) jeweils ein Stellelement des Fahrzeugs betätigen, wobei zur Erfassung einer Betätigungsgröße einer Betätigungseinrichtung des Fahrers wenigstens drei Betätigungssignale, die von wenigstens drei Meßeinrichtungen (S1 bis S4) erfaßt wurden, vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedem der Steuermodule (RM1 bis RM4) direkt ein ausgewähltes Sensorsignal zugeführt wird.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuersystem ein elektrisch gesteuertes Bremssystem ist.
3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Radmodul aus dem ihm zugeführten Betätigungssignal ein Fahrerbremswunschsignal ermittelt.
4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß die Steuermodule über ein Kommunikationssystem miteinander verbunden sind, wobei das jeweilige Steuermodul den ihr zugeführten Betätigungssignalwert und/oder den aus dem zugeführten Betätigungssignal ermittelten Fahrerwunschwert den anderen Steuermodulen über das Kommunikationssystem übermittelt.

5. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Kommunikationssystem ein deterministisches Verhalten aufweist und eine globale Systemzeit in allen an das Kommunikationssystem angeschlossenen Steuergeräten zur Synchronisation genutzt werden kann.

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Steuermodul die Betätigungssignale und/oder die Fahrerwunschwerte der anderen Steuermodule eingelesen und auf der Basis der zur Verfügung stehenden Werte ein Fahrerwunsch für das zu steuernde Stellelement ermittelt wird.

7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Steuermodul die zur Verfügung stehenden Signalwerte auf Signalkonsistenz überprüft werden, wobei bei fehlender Signalkonsistenz der fehlerbehaftete Wert ermittelt und ausgeschlossen wird.

8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Fehlerfall der Fahrerwunsch in jedem Steuermodul auf der Basis der fehlerfreien Signalwerte ermittelt wird.

9. System nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Fahrerbremswunschwert ein Bremskraft- und/oder Bremsmomentenwert ist, der aus den Betätigungssignalen abgeleitet wird.

10. System nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Bremssystem mit vier Steuermodulen an jedem Rad eines Fahrzeugs und drei Betätigungssensoren zwei der Steuermodule dasselbe Signal zugeführt werden, vorzugsweise den die Hinterachsbremse steuernden Steuermodulen.

11. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das die Steuermodule verbindende Kommunikationssystem eine Schnittstelle zu einem weiteren Kommunikationssystem aufweist, über das das Steuersystem mit anderen Steuereinheiten verbunden ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

- Leerseite -

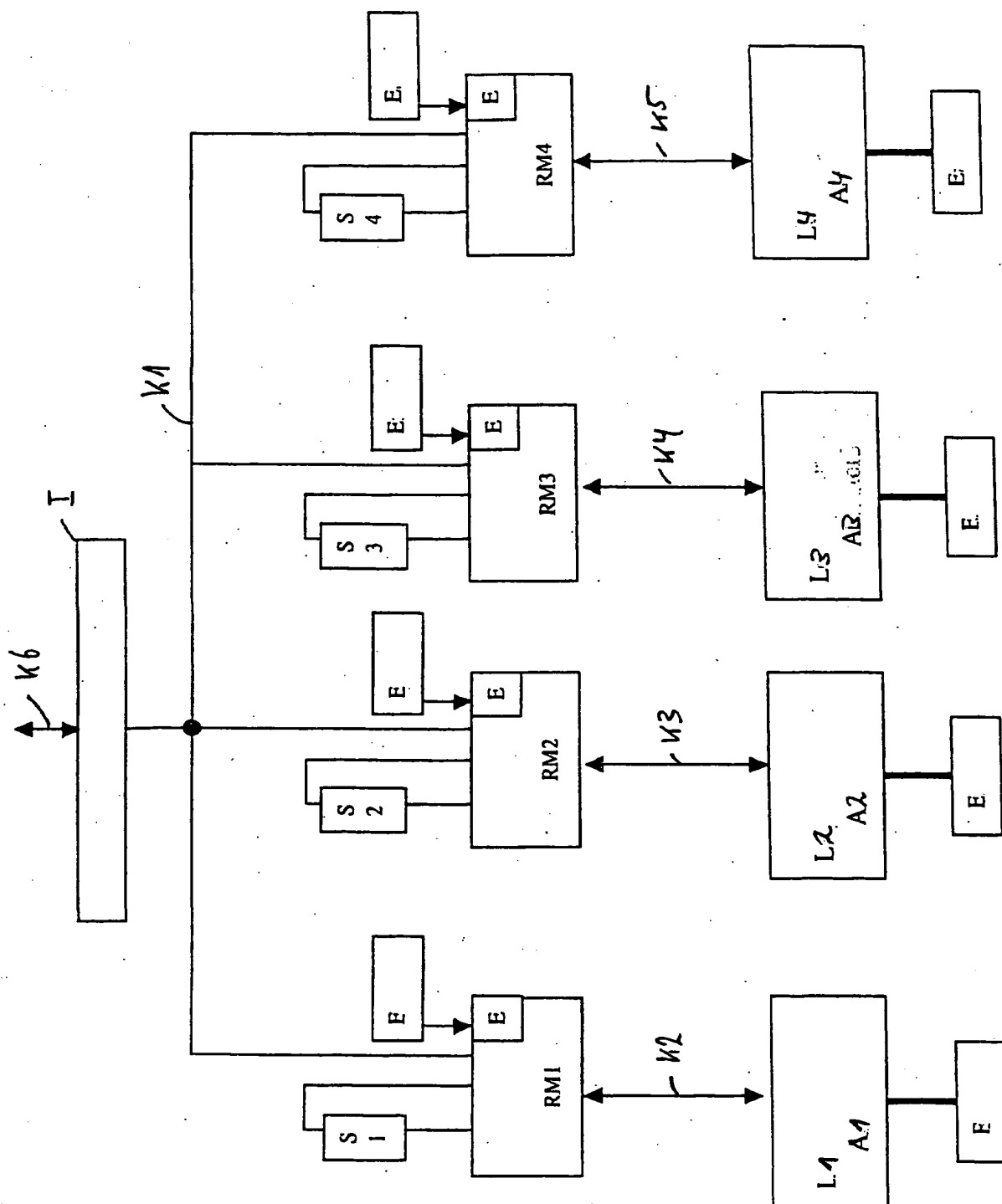


Fig. 1